

PENGARUH AIR HUJAN DI KOTA INDUSTRI TERHADAP KINERJA CAMPURAN BERASPAL MODIFIKASI POLIMER

Rindu Twidi Bethary

Jurusan Teknik Sipil
Universitas Sultan Ageng Tirtayasa
Jln. Jenderal Sudirman Km 3, Cilegon 42435
rindubethary@untirta.ac.id

Dwi Esti Intari

Jurusan Teknik Sipil
Universitas Sultan Ageng Tirtayasa
Jln. Jenderal Sudirman Km 3, Cilegon 42435
dwiesti@untirta.ac.id

Woelandari Fathonah

Jurusan Teknik Sipil
Universitas Sultan Ageng Tirtayasa
Jln. Jenderal Sudirman Km 3, Cilegon 42435
woelandari@untirta.ac.id

Zalfa Miftaful

Jurusan Teknik Sipil
Universitas Sultan Ageng Tirtayasa
Jln. Jenderal Sudirman Km 3, Cilegon 42435

Abstract

The pavement surface layer is a layer that directly interacts with traffic loads and the environment. Waterlogging on the road surface causes the loss of the bond between asphalt and aggregate. The purpose of this study was to determine the effect of rainwater on the characteristics of the AC-WC surface layer using Starbit E-55 polymer asphalt. The immersion of specimens was carried out in 2 conditions, namely in fresh water or in rain water, with a duration of 24 hours and 48 hours. The results obtained indicate that there is a decrease in stability more rapidly in rainwater immersion than in freshwater immersion. Marshall Quotient was increased for immersion with a duration of 24 hours and 48 hours. In addition, an increase in the values of flow, voids in the mixture, and voids in the aggregate were obtained.

Keywords: pavement; surface layer; waterlogging; traffic load; polymer asphalt.

Abstrak

Lapis permukaan perkerasan jalan merupakan lapisan yang langsung berinteraksi dengan beban lalu lintas dan lingkungan. Genangan air pada permukaan jalan menyebabkan hilangnya ikatan antara aspal dan agregat. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh air hujan terhadap karakteristik lapis permukaan AC-WC yang dibuat dengan menggunakan aspal polimer Starbit E-55. Perendaman benda uji dilakukan dengan 2 kondisi, yaitu dalam air tawar atau dalam air hujan, dengan durasi 24 jam dan 48 jam. Hasil yang didapat menunjukkan bahwa terjadi penurunan stabilitas yang lebih cepat pada perendaman dengan air hujan dibandingkan dengan perendaman dengan air tawar. Marshall Quotient meningkat untuk perendaman dengan durasi 24 jam dan 48 jam. Selain itu, diperoleh peningkatan nilai-nilai *flow*, rongga dalam campuran, dan rongga dalam agregat.

Kata-kata kunci: perkerasan jalan; lapis permukaan; genangan air; beban lalu lintas; aspal polimer.

PENDAHULUAN

Kerusakan pada konstruksi perkerasan jalan sangat mudah terjadi, yang disebabkan oleh pengaruh air dan lingkungan. Salah satunya adalah air permukaan yang berasal dari air hujan. Hal ini dapat terjadi apabila drainase yang ada kurang berfungsi dengan baik, sehingga merendam permukaan jalan. Air yang merendam permukaan jalan menyebabkan hilangnya ikatan antara aspal dengan agregat, yang menyebabkan kerusakan, dan kerusakan

ini akan semakin cepat terjadi ketika air masuk ke dalam lapisan beraspal. Pada akhirnya timbul beberapa bentuk kerusakan, seperti *stripping*, *bleeding*, *raveling*, *rutting*, *corrugation*, *shoving*, dan kegagalan karena hilangnya adhesi antara aspal dan agregat atau hilangnya kohesi dalam agregat dan aspal (Airey et al., 2008; Yilmaz dan Sargin, 2012; Kennedy et al., 1983). Kondisi perkerasan jalan umumnya akan menurun selama periode tersebut akibat beban lalu lintas dan pengaruh air.

Kerusakan perkerasan jalan yang berhubungan dengan air umumnya disebabkan oleh kurangnya fasilitas drainase perkerasan dalam mengalirkan curah hujan, termasuk desain kemiringan melintang jalan yang tidak tepat dan kapasitas drainase (Bagus dan Sudarno, 2017). Kandungan asam yang terdapat pada air hujan, disebabkan oleh gas-gas, seperti karbondioksida (CO₂), sulfur (S), dan nitrogen oksida (NO₂) yang terdapat di atmosfer dan membentuk asam lemah. Air hujan akan langsung berkontak dengan tanah yang kemudian melarutkan bahan-bahan yang terkandung dalam tanah sehingga terjadilah pelapukan.

Perancangan perkerasan jalan saat ini sudah berada pada tingkat yang cukup maju, dengan memperhitungkan analisis teoritis dengan metode empiris melalui berbagai pengujian yang akurat. Berdasarkan kebutuhan desain, perkerasan jalan umumnya harus memenuhi beberapa persyaratan, yang mana pengguna jalan harus merasakan kenyamanan dan keamanan serta secara struktural harus memiliki kemampuan untuk memikul beban lalu lintas dan dapat beradaptasi dengan lingkungan secara baik (Chairuddin, 2017).

Lapisan perkerasan yang menerima beban roda kendaraan secara langsung dan bertugas menyebarkan kelapisan bawahnya adalah lapisan permukaan, yang merupakan lapisan perkerasan paling atas (Saodang, 2004). Lapisan permukaan dirancang sebagai lapisan yang kedap air karena berhubungan langsung dengan udara dan lingkungan, sehingga air permukaan tidak dapat meresap ke lapisan di bawahnya yang dapat melemahkan lapisan di bawahnya tersebut.

Penelitian Nurlaily dan Rahardjo (2017) serta Wirahaji dan Wardani (2019) mengungkapkan bahwa lama perendaman air hujan berpengaruh terhadap kinerja lapis permukaan. Berdasarkan pengujian Marshall ditemukan bahwa terjadi penurunan nilai-nilai stabilitas, rongga dalam aspal (VFB), dan *Marshall Quotient* (MQ), dan terjadi peningkatan nilai-nilai *flow*, rongga dalam campuran (VIM), dan rongga dalam agregat (VMA).

Lapis permukaan dapat menggunakan LASTON AC-WC. Untuk menjaga konstruksi jalan agar tidak terendam air hujan dapat dibuat saluran drainase di tepi jalan. Airey dan Choi (2002) serta Airey et al. (2008) menilai kerusakan akibat air pada campuran beraspal. Ditemukan bahwa kerusakan akibat air secara signifikan lebih sedikit terjadi ketika menggunakan jenis agregat jenis batu kapur dibandingkan menggunakan agregat yang bersifat asam jenis granit. Karena itu sangat penting untuk mengetahui sifat fisik dan sifat kimia agregat yang digunakan dalam campuran beraspal. Penelitian lain, yang menggunakan agregat jenis granit, menunjukkan bahwa mineralogi agregat memiliki dampak yang signifikan pada sifat adhesi agregat terhadap aspal (Horgnies et al., 2011).

Beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa durabilitas campuran beraspal pada permukaan jalan bergantung pada sifat adhesi antara agregat dan aspal. Tetapi di lapangan,

pemilihan aspal dan agregat pada saat konstruksi jalan umumnya lebih didasarkan pada biaya, seperti biaya pengangkutan agregat dari sumber ke lokasi konstruksi jalan. Biasanya agregat yang digunakan pada permukaan jalan menggambarkan geologi daerah tempat jalan tersebut dibangun. Karena alasan tersebut, banyak variasi dan metode yang digunakan untuk memperbaiki durabilitas campuran, misalnya metode untuk mengurangi *stripping* dengan menggunakan penambahan bahan pengisi, polimer, dan bahan anti *stripping* (Gemayel, 1986; Gorkem dan Sengoz, 2009). Berdasarkan hal tersebut, selain karakteristik agregat, mutu aspal juga memengaruhi durabilitas campuran beraspal.

Penggunaan aspal modifikasi polimer telah banyak dikembangkan di berbagai negara, termasuk di Indonesia. Pemilihan aspal polimer merupakan salah satu teknologi dalam meningkatkan mutu aspal, dengan menambahkan bahan polimer elastomer sintesis. Pada penelitian akan dievaluasi pengaruh air hujan terhadap kinerja campuran beraspal yang digunakan untuk lapis permukaan, yaitu laston *asphalt concrete-wearing course* (AC-WC), yang menggunakan aspal modifikasi, yaitu aspal polimer.

MATERIAL DAN METODE

Agregat kasar yang digunakan pada penelitian ini berupa agregat batu pecah kasar (split 1-2) dengan ukuran maksimum $\frac{3}{4}$ ", agregat pecah halus (*screening*), dan fraksi pecah halus abu batu (*dust*) yang diambil dari *quarry* yang berasal dari daerah Merak, Kota Cilegon, Provinsi Banten. Hasil pengujian yang dilakukan terhadap agregat dapat dilihat pada Tabel 1. Sedangkan aspal yang digunakan adalah aspal polimer merk Starbit E-55, dan hasil pengujian terhadap aspal ini dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 1 Karakteristik Agregat Kasar dan Halus

| No. | Jenis Pemeriksaan | Hasil | Spesifikasi Pengujian | |
|-----|------------------------------------|-------|-----------------------|----------|
| | | | Minimal | Maksimal |
| I | Agregat Kasar | | | |
| 1 | BJ <i>Bulk</i> | 2,63 | - | - |
| 2 | BJ <i>Apparent</i> | 2,71 | - | - |
| 3 | BJ SSD | 2,67 | 2,5 | - |
| 4 | Penyerapan (%) | 1,11 | - | 3 |
| 5 | Pengujian Abrasi (%) | 18,2 | - | 40 |
| II | Agregat Kasar (<i>Screening</i>) | | | |
| 1 | BJ <i>Bulk</i> | 2,68 | - | - |
| 2 | BJ <i>Apparent</i> | 2,73 | - | - |
| 3 | BJ SSD | 2,70 | 2,5 | - |
| 4 | Penyerapan (%) | 0,72 | - | 3 |
| III | Agregat Halus | | | |
| 1 | BJ <i>Bulk</i> | 2,47 | - | - |
| 2 | BJ <i>Apparent</i> | 2,49 | - | - |
| 3 | BJ SSD | 2,5 | 2,5 | - |
| 4 | Penyerapan (%) | 0,3 | - | 3 |

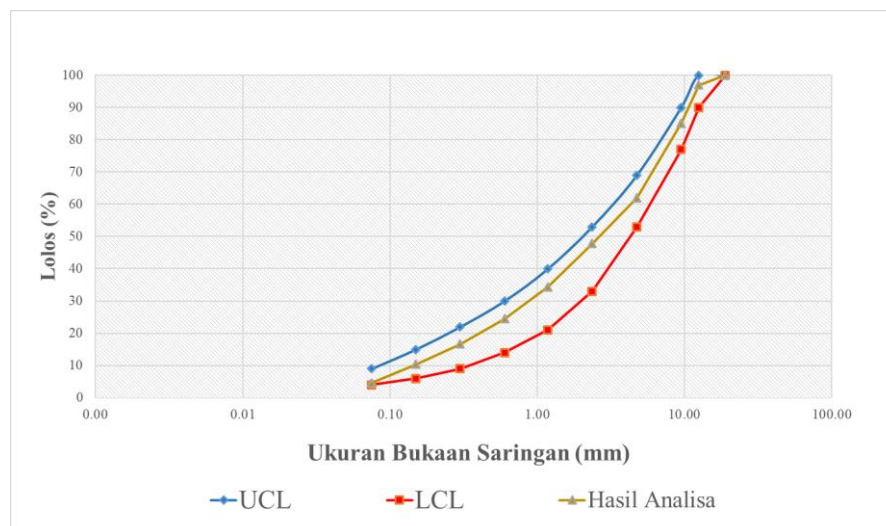
Berdasarkan hasil pengujian yang terdapat pada Tabel 1 dan Tabel 2, dapat dinyatakan bahwa agregat kasar, agregat halus, dan aspal polimer Starbit E-55 yang digunakan

pada penelitian ini memenuhi persyaratan Spesifikasi Umum Jalan dan Jembatan Bina Marga Tahun 2010, sehingga dapat digunakan untuk membuat campuran beton aspal panas.

Tabel 2 Karakteristik Aspal Polimer *Starbit E-55*

| No. | Jenis Pengujian | Hasil Pengujian | Metode Pengujian | Satuan |
|-----|--|-----------------|------------------|--------|
| 1 | Penetrasi 25°C, 100gr, 5 detik; 0,1 mm | 63,7 | SNI 06-2456-1991 | 0,1 mm |
| 2 | Berat jenis | 1,075 | SNI 06-2441-1991 | - |
| 3 | Perbedaan penetrasi setelah penurunan berat; % asli | 0,35 | SNI 06-2456-1991 | % |

Aspal Starbit E-55 memiliki nilai penetrasi (kekerasan aspal), daktilitas, dan indeks penetrasi yang lebih baik dibandingkan dengan aspal penetrasi 60/70. Hal ini mengakibatkan campuran beraspal yang menggunakan aspal modifikasi polimer Starbit E-55 dapat memiliki nilai stabilitas, kekakuan, dan kemampuan tarik yang lebih baik dibandingkan dengan campuran beraspal yang menggunakan aspal konvensional.



Gambar 1 Gradasi Gabungan

Berdasarkan analisis saringan pada masing-masing agregat, ditentukan komposisi agregat yang digunakan dalam campuran ini dengan cara coba-coba (*trial and error*), yang hasilnya dapat dilihat pada Gambar 1, yang menunjukkan gradasi ideal dengan persentase untuk masing-masing agregat yang digunakan pada campuran beraspal Laston AC-WC. Gradasi agregat gabungan, dengan persentase lolos saringan masing-masing agregat, kemudian dioperasikan dengan metode matriks identitas Gauss-Jordan, untuk memenuhi spesifikasi gradasi agregat untuk Laston AC-WC berdasarkan Spesifikasi Umum Jalan dan Jembatan Bina Marga Tahun 2010.

Metode Marshall dan standar pengujian digunakan untuk menguji campuran pada penelitian ini. Standar yang digunakan untuk pengujian lanjutan rendaman terhadap karakteristik campuran beraspal didasarkan pada RSNI M-06-2004, dengan indeks perendaman menggunakan interval waktu 24 jam. Perendaman air hujan pada studi ini menggunakan air

hujan yang turun di salah satu kota industri di Indonesia, yaitu Kota Cilegon, yang memiliki pH sebesar 5,2. Air hujan ditampung dan disimpan, kemudian ditutup rapat-rapat untuk mencegah terjadinya penguapan.

HASIL DAN ANALISIS

Pengujian Marshall dilakukan dengan menggunakan aspal dengan kadar aspal yang terletak pada rentang 5,0% hingga 7,0%, dengan interval 0,5%. Dengan demikian benda-benda uji dibuat dengan kadar aspal 5,0%, 5,5%, 6,0%, 6,6%, dan 7,0%. Pengujian Marshall rendaman menggunakan 2 jenis air, yaitu air tawar dan air hujan, dengan interval waktu 24 jam dan 48 jam. Hasil-hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar 2.

Dari hasil pengujian Marshall pada Gambar 2 didapat karakteristik campuran untuk berbagai nilai kadar aspal. Karakteristik campuran yang diperoleh adalah VMA, VIM, VFA, stabilitas, *flow*, dan Marshall Quotient. Secara keseluruhan, nilai VMA tidak melebihi nilai yang terdapat pada spesifikasi Bina Marga 2010, dengan batas minimal 15%. Sedangkan nilai VIM yang didapat melebihi nilai yang disyaratkan, yaitu antara 3,0% hingga 5,0%.

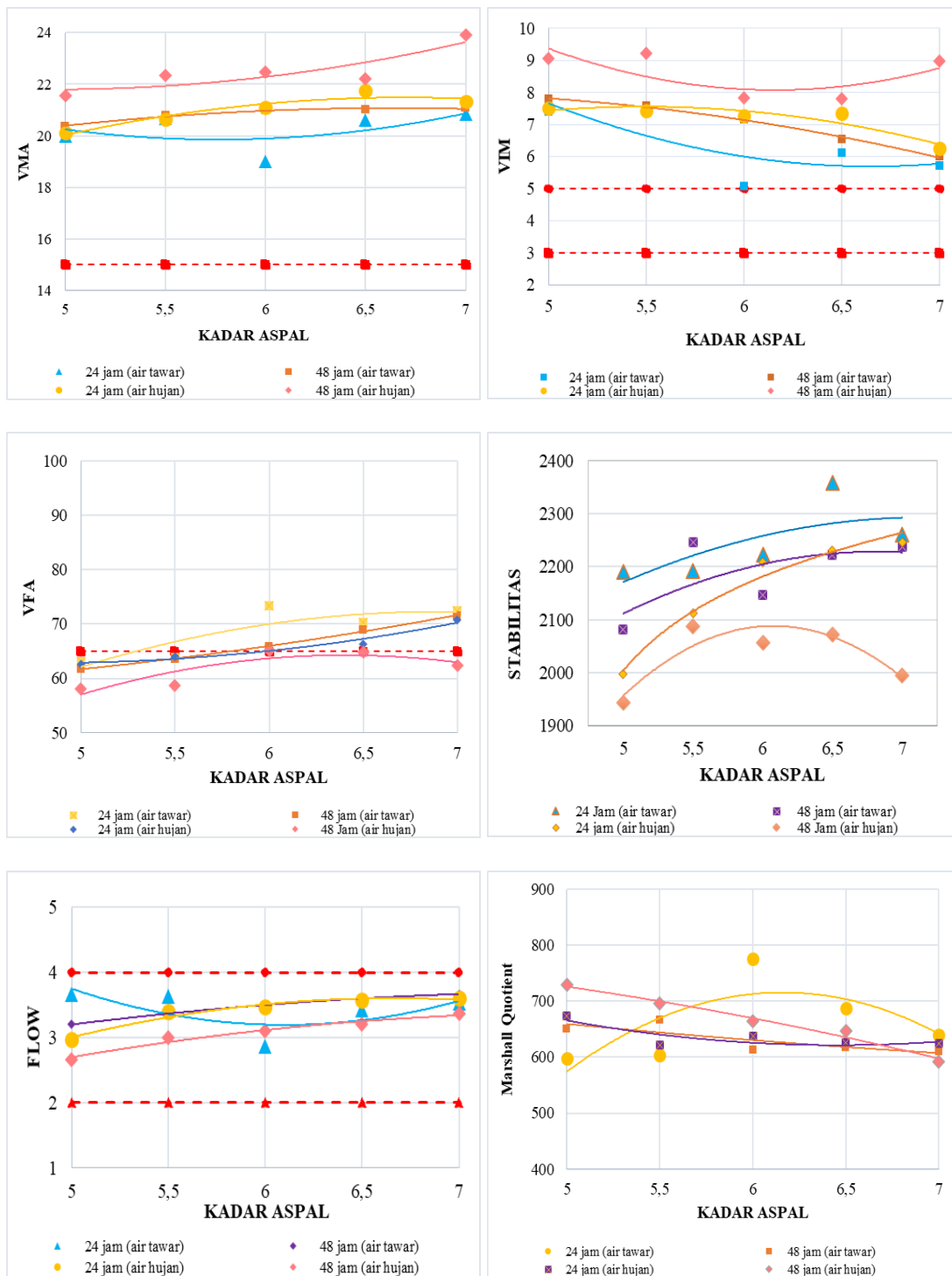
Menurut Spesifikasi Bina Marga 2010, nilai minimum VFA adalah 65%. Dari hasil yang diperoleh, nilai VFA untuk kadar aspal 5% dan 5,5% dengan rentang perendaman 24 jam air tawar sampai dengan 48 jam air hujan, memberikan hasil di bawah minimum daripada yang disyaratkan oleh Bina Marga.

Nilai stabilitas mengalami kenaikan dengan meningkatnya kadar aspal mengakibatkan pertambahan nilai stabilitas. Sementara nilai *flow* yang didapatkan dalam penelitian ini masuk ke dalam rentang nilai yang disyaratkan, yaitu antara 2,0 mm hingga 4,0 mm. Parameter Marshall Quotient (MQ) memiliki nilai di atas batas minimal, yaitu sebesar 250 kg/mm berdasarkan Spesifikasi Bina Marga Tahun 2010. Marshall Quotient menurun dengan bertambahnya kadar aspal.

Untuk parameter rongga agregat (VMA) campuran yang direndam selama 24 jam dan 48 jam, terlihat bahwa VMA cenderung sedikit meningkat seiring bertambahnya perendaman dalam air hujan. Hal ini dikarenakan dengan bertambahnya kadar aspal dalam campuran, berarti memberikan persentase rongga atau ruang kosong yang lebih banyak kepada aspal dalam campuran beraspal. Perubahan susunan agregat akibat desakan aspal dalam campuran yang disebabkan daya tekan air masuk ke dalam rongga menyebabkan rongga dalam mineral agregat menjadi bertambah. Air hujan yang mengandung asam menyebabkan nilai VMA lebih tinggi daripada air tawar.

Pada parameter nilai rongga dalam campuran (VIM), terjadi peningkatan pada perendaman dengan durasi 48 jam. Campuran yang memiliki durasi perendaman 48 jam melewati batas maksimum yang ditetapkan dalam persyaratan Bina Marga, yaitu sebesar 5%. Peningkatan nilai volumetrik pada rongga campuran dikarenakan air hujan yang masuk ke dalam campuran beraspal terinfiltrasi, sehingga aspal yang terdapat dalam campuran akan mengisi rongga yang terjadi akibat gaya tekan air. Secara tidak langsung hal ini berpengaruh pada durabilitas campuran karena ketika air masuk ke dalam campuran, aspal akan mudah

teroksidasi sehingga mengurangi keawetan campuran. Pengujian perendaman Marshall juga mengakibatkan penurunan pada rongga terisi aspal (VFA), karena kandungan air hujan mengisi rongga dalam agregat (VMA). Bertambahnya durasi perendaman mengakibatkan nilai VFA menurun, sehingga lebih rendah daripada batas minimum persyaratan Bina Marga, yaitu sebesar 65%.



Gambar 2 Hasil Pengujian Marshall

Penurunan nilai stabilitas pada perendaman 24 jam hingga 48 jam terjadi secara signifikan. Hal ini mengindikasikan hilangnya adhesi pada campuran beraspal tersebut atau dengan kata lain terjadi *stripping*. Karakteristik campuran beraspal sangat rentan terhadap pengaruh air dikarenakan sifat adhesi dan kohesi antara agregat dengan aspal. Pada perendaman dengan menggunakan air hujan yang mengandung asam dengan durasi 48 jam, air akan masuk ke dalam rongga dalam campuran sehingga mengakibatkan penurunan ikatan antara agregat dan aspal dibandingkan dengan yang terjadi pada perendaman dengan air tawar. Perbedaan perendaman dengan menggunakan variasi air hujan juga berpengaruh terhadap parameter *flow*. Nilai *flow* pada perendaman dengan air hujan lebih kecil dibandingkan dengan nilai *flow* pada perendaman menggunakan air tawar. Penurunan nilai *flow* mengindikasikan bahwa air hujan mengurangi ketahanan campuran beraspal terhadap beban lalu lintas.

Campuran beraspal yang direndam dengan menggunakan air hujan mengalami penurunan nilai MQ. Hal ini berarti bahwa campuran tersebut rentan terhadap ketahanan deformasi, sehingga kemampuan campuran beraspal dalam merespons beban yang diberikan menjadi menurun. Penurunan nilai MQ ini dikarenakan berkurangnya sifat-sifat kohesi dan adhesi antara aspal dengan agregat dalam campuran beraspal yang diakibatkan terjadinya oksidasi pada aspal akibat air hujan yang masuk ke dalam campuran beraspal.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis dapat disimpulkan bahwa karakteristik material penyusun campuran AC-WC pada studi ini, yaitu agregat dan aspal memenuhi persyaratan yang telah ditentukan dalam spesifikasi Bina Marga. Diperoleh juga bahwa air hujan mengakibatkan penurunan kinerja dan ketahanan durabilitas campuran beraspal.

Hasil pengujian perendaman air hujan terhadap karakteristik campuran LASTON AC-WC menunjukkan terjadinya penurunan nilai stabilitas rata-rata sebesar 10%, sedangkan peningkatan nilai MQ sebesar 15% untuk kedua kondisi durasi erendaman, yaitu 24 jam dan 48 jam. Parameter kelelahan plastis, rongga dalam campuran (VIM) dan rongga dalam agregat (VMA) mengalami peningkatan, sedangkan rongga terisi aspal (VFA) tidak memenuhi spesifikasi yang disyaratkan, yaitu minimal 65%.

Hasil studi ini menunjukkan pentingnya sistem drainase jalan. Sistem drainase yang baik akan mengurangi kemungkinan jalan terendam air hujan.

DAFTAR PUSTAKA

Airey, G.D. Collop, A.C., Zoorob, S.E., dan Elliott, R.C. 2008. *The Influence of Aggregate, filler and Bitumen on Asphalt Mixture Waterdamage*. Constr Build Mater, 22 (20): 15–24.

- Airey, G.D. dan Choi, Y. 2002. *State of the Art Report on Water Sensitivity Test Methods for Bituminous Pavement Materials*. Road Mater Pavement Design, 3 (3): 55–72.
- Bagus, H.S. dan Sudarno, U.N. 2017. *Effect of Chemical Compounds in Tidal Water on Asphalt Pavement Mixture*. International Journal of Pavement Research and Technology. 10: 122–130.
- Chairuddin, F. 2017. *Experimental Study on the Impact of Rain Water Puddle of Asphalt Pavement Structure*. AIP Conference Proceedings 1903. (Online), (<https://doi.org/10.1063/1.5011481>).
- Direktorat Jenderal Bina Marga. 2014. *Spesifikasi Umum 2010 Revisi 3*. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum.
- Gemayel, C.A. 1986. *Laboratory and field Performance of Silane Anti-Strip Agent*. Arizona Department of Transportation.
- Gorkem, C. dan Sengoz, B. 2009. *Predicting Stripping and Water Induced Damage of Asphalt Concrete Prepared with Polymer Modified Bitumen and Hydrated Lime*. Constr Build Mater, 23 (22): 27–36.
- Horgnies, M., Darque-Ceretti, E., Fezai, H., dan Felder, E. 2011. *Influence of the Interfacial Composition on the Adhesion between Aggregates and Bitumen: Investigations by EDX, XPS and Peel Tests*. International Journal Adhesion & Adhesives. 31 (23): 8–47.
- Kennedy, T.W., Roberts, F.L., dan Lee, K.W. 1983. *Evaluation of Water Effects on Asphalt Concrete Mixtures*. Transp Res Rec., 911 (1): 34–43.
- Nurlaily, I. dan Rahardjo, B. 2017. *Pengaruh Lama Perendaman Air Hujan terhadap Kinerja LASTON (AC-WC) Berdasarkan Uji Marshall*. Jurnal Bangunan, 22 (1): 1–12.
- Saodang, H. 2004. *Highway Pavement Design* Nova Publisher. Bandung: National Business.
- Wirahaji, B.I. dan Wardani, C.M. 2019. *Pengaruh Air Hujan terhadap Karakteristik Marshall Campuran Aspal Panas pada Lapis Permukaan Jalan*. Widya Teknik, 13 (02): 1–9.
- Yilmaz, A. dan Sargin, S. 2012. *Water Effect on Deteriorations of Asphalt Pavements*. The Online Journal of Science and Technology, 2 (1): 1–6.